Die

ersten Zelltheilungen im Embryo

von

Capsella bursa pastoris M.

Inauguraldissertation

von

Max Westermaier.

Von der Universität München gekrönte Preisschrift.

Mit einer Tafel.

Regensburg 1876.

Neubauer'sche Buchdruckerei (F. Huber).

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554609_0094

Seinen hochverehrten Lehrern,

den Herren

Universitätsprofessor Dr. Carl von Nägeli

und

Universitätsprofessor Dr. Ludwig Radlkofer,

als geringes Zeichen der Dankbarkeit

gewidmet vom **Verfasser.**

Nach Hanstein's [1]) Untersuchungen verlaufen im Embryo der Phanerogamen die ersten Zelltheilungen in einer Weise, welche das Vorhandensein einer Scheitelzelle von vornherein ausschliesst, dagegen schon frühzeitig eine Differenzirung in eine äussere Schicht (Dermatogen und Periblem) und einen innern Gewebekern (Plerom) herbeiführt, während, wie bekannt, die eigenthümliche Bedeutung der Scheitelzelle der Kryptogamen gerade darin liegt, dass alle Zellen des Urmeristem's sich mit Evidenz als Nachkommen verschiedenen Grades aus ihr ableiten lassen. Der Unterschied der Entwicklungsregel für den Aufbau des phanerogamischen (d. h. monokotylischen und dikotylischen [2]) Pflanzenstocks von derjenigen für den Keim oder Spross der höheren Kryptogamen liegt nach Hanstein's Auffassung in Folgendem: Bei den Phanerogamen theilt sich die Keimmutterzelle in eine Anzahl gleichartiger Zellen, die sich zunächst in unterschiedene Zellgenossenschaften zur Ausbildung verschiedener Gewebeschichten sondern und daraus gemeinschaftlich den Pflanzenkörper nach gleichartigem Plan aufbauen. Bei den höheren Kryptogamen dagegen theilt sich die Mutterzelle eines Keimes oder Sprosses nicht in mehrere gleichartige Zellen, sondern theilt sich wiederholt in eine ihr selbst gleichartige Verjüngungszelle (Mutterzelle 2. 3. etc. Grades) und in entsprechende Abschnitts-Tochterzellen, welche durch fernere differente Theilung die Gewebe und Gliederungen ausbilden. Hanstein gibt auch eine Uebersicht derjenigen Literatur, die sich auf die ersten Zelltheilungen im Phanerogamenembryo bezieht. Im Anschluss hieran seien mir einige Bemerkungen gestattet.

1) Botanische Abhandlungen aus dem Gebiete der Morphologie und Physiologie. I. Bd. I. Heft, 1870.

2) Ueber die Entwicklung der Gymnospermen lagen Hanstein noch keine ausreichenden Beobachtungen vor.

Unger[1]) gibt als Resultat seiner Beobachtungen am Embryo von *Hippuris* an, dass zuerst zwei auf einander senkrechte Längswände, dann eine horizontale Querwand entstehen; der Keimling besteht dann aus 8 Zellen.

In seinen Figuren springt Unger nun gleich vom 8 zelligen Embryo zu dem aus 24 Zellen bestehenden über (Theilung der 8 Schalenzellen in je 2 Tochterzellen). Im Text seiner Abhandlung sagt er: War die Richtung der Scheidewände bei den bisher entstandenen Zellen des Embryo auf einander senkrecht, so erfolgt die weitere Zellvermehrung dadurch, dass die Scheidewände der Tochterzellen des 4. Grades mit der Peripherie der Kugel parallel werden.

Der Embryo besteht dann aus 16 Zellen. Bis zu einem Komplex von mehr als 100 Zellen stellt der Embryo einen sphärischen Körper dar, in welchem dieselben konzentrisch angeordnet sind.

Hofmeister geht in seiner Arbeit vom Jahre 1847[2]) nur oberflächlich auf die Zelltheilung ein.

Aus seiner bekannten Arbeit vom Jahre 1849[3]), die sich besonders die Befruchtungsfrage zum Gegenstand gemacht, und ebenso auch aus Hofmeister's späteren embryologischen Arbeiten sind von Hanstein in seiner oben erwähnten Abhandlung besonders diejenigen Figuren citirt, die den Zustand der Quadratentheilung zeigen und die überhaupt der Hanstein'schen Auffassung und Darstellung als Bestätigung dienen konnten. Was von Hofmeister in seinen Arbeiten über das Wachsthum vermittelst einer Scheitelzelle behauptet wird, erhält wohl durch manche von ihm abgebildete Embryonen einige Wahrscheinlichkeit. Allein ein unumstösslich sicherer Beweis für die Richtigkeit seiner Behauptung ist in seinen Abbildungen nicht zu finden, besonders desswegen, weil Reihen von unmittelbar auf einander folgenden frühen Stadien sowie verschiedene Ansichten desselben Stadiums fast völlig mangeln.

Von den Monocotylen (1849) verdienen namentlich Beachtung die Orchideen, denen Hofmeister besondere Aufmerksamkeit

1) Beobachtungen an *Hippuris vulgaris*, Bot. Zeit. 1849 S. 329. Diese Arbeit Unger's wurde von Hanstein in seiner literarischen Uebersicht übersehen.

2) Bot. Zeit. 1847. Untersuchungen des Vorgangs bei der Befruchtung der Oenothereen.

3) Die Entstehung des Embryo der Phanerogamen.

geschenkt hat, und über welche Familie sich sogar Hanstein dahin äussert, dass eine sorgfältige Nachuntersuchung angezeigt erscheint. Hofmeister berichtet hierüber folgendes: Die unterste Zelle des Vorkeims, die erste des Embryo, theilt sich mittelst einer vertikalen Scheidewand in 2 wagrecht neben einander liegende Zellen. Die eine derselben entwickelt sich stärker, als die andere und drängt diese zur Seite. Hierauf theilt sich die grössere beider Zellen durch eine geneigte Scheidewand; das Embryokügelchen besteht jetzt aus 3 Zellen, deren eine als Endzelle erscheint. Durch Theilung der letzteren mittelst senkrechter Wand wird der junge Embryo 4zellig. Wieder überwiegt das Wachsthum einer der 2 Endzellen bedeutend das der anderen, wieder theilt sich die grössere beider mittelst geneigter Wand. In mehreren der Zellen des nun 5 zelligen Embryo tritt jetzt Zellvermehrung in verschiedener Richtung auf; sowohl durch Scheidewände, welche die Axe des Organs scheiden, als auch durch solche, die ihr parallel sind. Das Embryokügelchen erscheint zunächst als bestehend aus einer centralen von einer kugeligen Zellschicht allseitig umgebene Zelle. Die Figuren tragen zum Theil zur Unterstützung dieser Darstellung bei.

Den Fall von *Zostera* [1]) anlangend glaube ich, kann man sich unbedingt dem Urtheil Hanstein's anschliessen, der sich folgendermassen hierüber äussert: „Die Scheitelzelle wird spekulativ als möglich dargethan, aber nicht durch thatsächliche Beobachtungen und Zeichnungen erwiesen."

In seinen „Beiträgen zur Kenntniss der Gefässkryptogamen II. 1857" hält Hofmeister ebenfalls an der Existenz einer Scheitelzelle im Vegetationspunkt junger phanerogamischer Sprosse fest, macht jedoch schon auf die Schwierigkeit, sie nachzuweisen, aufmerksam.

In den „Neueren Beobachtungen" [2]) kommt nichts wesentlich neues für unsere Frage hinzu.

In den „Neuen Beiträgen" [3]) vom Jahre 1859 scheinen wiederum manche der abgebildeten Keimlingszustände für das Wachsthum

1) Hofmeister. Zur Entwicklungsgeschichte der *Zostera* Bot. Zeit. 1852.

2) Neuere Beobachtungen über Embryobildung der Phanerogamen von W. Hofmeister; Jahrb. f. wiss. Botanik 1858.

3) Neue Beiträge zur Kenntniss der Embryobildung der Phanerogamen I. 1859. Abhandl. der math. physik. Kl. d. kgl. sächs. Ges. d. Wissensch. V. Bd. S. 535.

mit einer Scheitelzelle zu sprechen. Ich erwähne z. B. *Thesium alpinum* und *Thes. intermedium* (Taf. X. Fig. 4, 6), ferner *Helosis guyanensis* (Taf. XVI. Fig. 5), *Pedicularis silvatica* (Taf. XXI. Fig. 7). Verschiedene Keimlinge, namentlich der von *Lathraea squamaria* (Taf. XIX. Fig. 5, 6) zeigen deutlich 2 gegen einander senkrecht stehende Längswände als erste Theilungen. Das nächste gezeichnete Stadium (Fig. 7) lässt wiederum die Annahme einer Scheitelzelle zu.

Im 2. Theil der neuen Beiträge [1]) (Monocotylen) bespricht Hofmeister unter anderm in interessanter Weise die verschiedenen Formen des Vorkeims bei den Monocotylen und Dicotylen. Ueber das Wachsthum des Embryokügelchens selbst ist nichts wesentlich neues gesagt. Bemerkenswerth dürfte sein ein Keimling von *Habranthus chilensis*, der eine sehr scharfe Differenzirung eines Dermatogens zeigt (Taf. XIII. Fig. 12). Als Nachtrag zu diesen Bemerkungen über die Arbeiten Hofmeisters habe ich nur noch auf einige Sätze eines schon im Jahre 1851 [2]) erschienenen Werkes dieses Autors hinzuweisen, welches, obgleich der Zeit nach mitten zwischen den besprochenen Arbeiten stehend, einen etwas veränderten Standpunkt einzunehmen scheint. Nachdem Hofmeister am Schlusse seiner Arbeit (S. 142) noch angegeben hatte, dass nach seinen Beobachtungen die Achse des Embryo der Coniferen durch dauernde Vermehrung einer Scheitelzelle durch wechselnd rechts und links geneigte Wände wachse, hält er die Ausdehnung dieses Wachsthumsgesetzes auf die Phanerogamen im Allgemeinen zur Zeit (1851) für durchaus ungerechtfertigt. Bei nur wenigen, meist den Monocotylen angehörigen Familien konnte er sich nach seiner Aussage mit Bestimmtheit von einem ebensolchen Wachsthum der Stammspitze überzeugen. In anderen Fällen (bes. *Viscum album* und *Lythrum salicaria*) glaubt Hofmeister sich in der Annahme nicht zu irren, dass die wiederholte gleichzeitige Theilung mehrerer Scheitelzellen das Längenwachsthum des Stengels vermittle. —

Ich habe ferner auf eine Arbeit Urban's [3]) zu verweisen. Es wird durch den genannten Botaniker eine kleine Abweichung des

---

1) Neue Beiträge etc. Abhandl. der math.-physik. Kl. der kgl. sächs. Ges. d. Wiss. V. Bd. 1861.

2) Vergleichende Untersuchungen der Keimung, Entfaltung und Befruchtung höherer Kryptogamen und der Samenbildung der Coniferen von W. Hofmeister, Leipzig 1851.

3) Prodromus einer Monographie der Gattung *Medicago* von F. Urban. Verh. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg 1873.

Medicago-Keim's von Typus des Capsella-Keims konstatirt. Die erste Längswand liegt nicht, wie sonst, in der durch den funiculus gelegten, das ovulum halbirenden Ebene, sondern gegen dieselbe um 45°—70° geneigt; die Deutung der nachträglichen Theilungen sei dadurch erschwert.

Hieronymus [1]) macht darauf aufmerksam, dass Hanstein die 2. Wand, nämlich die gegen die erste Meridian-Wand senkrecht gestellte Längswand, übersehen hat. Es erübrigt noch, auf die Arbeit der letztern Jahre, welche Bezug auf die vorliegende Frage haben, aufmerksam zu machen.

Fleischer [2]) und Hegelmaier [3]) veröffentlichten im Jahre 1874 diesbezügliche Abhandlungen. Beide Autoren haben das Gemeinsame, dass sie sich in Bezug auf die Hanstein'sche Theorie im wesentlichen nicht auf den Standpunkt der Kritik stellen, sondern sich derselben im Allgemeinen anschliessen. Fleischer bemerkt es ausdrücklich, er habe keinen Grund, an den von Hanstein dargestellten Thatsachen zu zweifeln. Die genaue Verfolgung der ersten Zelltheilungen stellte sich keiner der beiden Autoren zur Aufgabe. Wie sehr namentlich Fleischer von der Richtigkeit der Hanstein'schen Lehre im Ganzen und Grossen überzeugt ist, geht aus einer Aeusserung über die Orchideen-Embryonen hervor, die jedenfalls den Anhängern der Scheitelzelltheorie oberflächlich erscheinen muss: „Embryonen mit dickerem oberen Theil schliessen die Annahme einer Scheitelzelle geradezu aus." Uebrigens finden auf die Orchideen auch nach Fleischer's eigener Aussage die Hanstein'schen Sätze mit Ausnahme einiger weniger, die sich auf den Anfang der Entwicklung beziehen, keine Anwendung. Ihr Embryo entwickle sich vor der Samenreife nur als regellose Zellmasse.

Hegelmaier's Arbeit beschäftigt sich nur mit Monokotylen. So eingehend und kritisch in morphologischer Beziehung die Abhandlung ist, der Umstand, dass die Untersuchungen wenig auf die ersten Zelltheilungen, sowie auf die Anordnung der Zellen überhaupt gerichtet waren, verleiht ihr für unsere Frage nur beschränkten Werth. Als allgemein gültiges Gesetz stellt Hegel-

1) Beiträge zur Kenntniss der Centrolepideen. Abhandl. der naturforsch. Ges. zu Halle XII. Bd. 1873.

2) Beiträge zur Embryologie der Monokotylen und Dikotylen, Flora 1874, n. 24—28.

3) Zur Entwicklungsgeschichte monokotyledoner Keime nebst Bemerkungen über die Bildung der Samendeckel. Bot. Zeit. 1874, n. 39—44.

maier folgendes auf: Die Nachkommenschaft der Segmente II und III (mitunter auch noch eines IV.) entsprechen zusammen rücksichtlich der Bedeutung für den Aufbau der Wurzeltheile der sogenannten Hypophyse (nach Hanstein). Meist als aus 5 Segmenten bestehend beobachtet Hegelmaier den Vorkeim der Monokotylen. Die beiden letzten Segmente bleiben gewöhnlich als Keimträger übrig. — Eine Hypophyse im Sinn Hansteins fehlt bei *Pistia spec.* und ist auch bei *Canna indica* nicht zu unterscheiden.

Im Jahre 1875 [1]) berichtete Hegelmaier über seine Untersuchungen über die Embryobildung von *Carum Bulbocastanum* und erwähnt dabei, dass die Endzelle des Vorkeims „die gewöhnliche Theilung in Oktanten" erfährt. Ferner gibt Hegelmaier in demselben Bericht noch an, dass der Absonderung der Epidermis in den Oktanten noch die Bildung in anderer Richtung verlaufender Scheidewände in diesen Zellen vorausgeht. —

Als neueste literarische Erscheinungen in vorliegender Frage führe ich endlich noch an die Bearbeitung mehrerer Arten von *Cuscuta,* [2]) sowie „Studien über die Entwicklung des Samens der Orobanchen" [3]) von L. Koch.

Die ersten Theilungsvorgänge schildert Koch in der Art, dass sich der Embryo aus den beiden letzten Vorkeimszellen bildet, welch' letztere sich zunächst beide längs über's Kreuz theilen. In den 4 Tochterzellen der Endzelle bildet sich allmälig ein Dermatogen heraus, wobei tangentiale Theilungen der jeweilig äussersten Zelllage sehr häufig beobachtet wurden. Eine Hypophyse ist nur rudimentär vorhanden. — Von den *Orobanchen*-Embryonen sagt Koch, dass die Dermatogen-Abspaltung in der kotylischen Hälfte des Keimlings nicht mit so grosser Reinheit auftrete, als in der radikularen. Eine Differenzirung in Periblem und Plerom tritt nicht auf. —

Es sei mir nun gestattet, in Nachstehendem einen Bericht über meine Beobachtungen zu geben.

Was zuvörderst die Methode betrifft, die sich mir als sehr brauchbar erwiesen, so sei hierüber folgendes gesagt: Den Ver-

---

1) Bot. Zeit. 1875 n. 5. Verhandl der botan. Section der 47. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Breslau vom 18—24. Sept. 1874.

2) Ludwig Koch. Ueber Keimung, Wachsthum und Embryoentwicklung mehrerer Arten von *Cuscuta.* Auszugsweise in Bot. Zeit. 1875 n. 15; ausführlich in Hanstein's botan. Abhandl. etc. III. Heft. II. Bd.

3) Bot. Zeit. 1876 n. 22.

dünnungsgrad der Reagenzien anlangend muss ich im Allgemeinen die Bemerkung Hansteins bestätigen, dass dieser Grad für jeden einzelnen Fall auszuprobiren sei. [1]) In seiner ersten Schrift [2]) empfiehlt er behufs der Erreichung der Durchsichtigkeit von Stammvegetationspunkten folgende Methode: Behandlung mit Aetzkali, Auswaschen mit Salzsäure, Neutralisiren durch Ammoniak, Einlegen in Glycerin.

Johannes Reinke [3]) empfiehlt diese Methode abermals.

W. Pfeffer [4]) dagegen empfiehlt folgende Methode: Nachdem das Präparat kürzere Zeit in mässig concentrirter Kalilauge gelegen hat und diese nur unvollständig ausgewaschen ist, bringt man absoluten Alkohol hinzu. Weiter fährt Pfeffer fort: „Die Anwendung eines ganz absoluten Alkohols ist jedenfalls nothwendig, da nur in diesem sich erhebliche Mengen der meisten Fette lösen, auf deren Entfernung neben harzartigen durch die Einwirkung des Kalis entstandenen Produkten es abgesehen ist; eben desshalb muss auch mit absolutem Alkohol wiederholt nachgewaschen werden. Die oft stark collabirten Gewebe quellen auf Wasserzusatz wieder völlig auf, namentlich dann, wenn die Kalilauge zuvor nicht völlig durch Wasser ausgewaschen ist, da das in jener immer vorhandene und in Alkohol unlösliche kohlensaure Kali in den Zellen niedergeschlagen wurde. Bringt man nun das Object in nur sehr wenig Salzsäure haltendes Wasser, so erzielt man, wenn die Wirkung des Kalis richtig regulirt war, Präparate, welche auch nicht das Geringste zu wünschen übrig lassen."

Nun aber sind die Fette meist in kaltem Alkohol unlöslich, lösen sich nur in kochendem oder in Aether. Ferner werden durch das Kali die Fette bekanntlich verseift, so dass eine Lösung derselben nach der Behandlung mit Kali nicht mehr nothwendig ist. Also darf der Alkohol aus dieser Reagenzienreihe gestrichen werden, was auch meine Erfahrungen wenigstens an den Embryonen bestätigten. [5]) Bei Angabe meiner Methode muss ich unterscheiden zwischen der Behandlung der Keimlinge

1) S. 5 in Hanstein's Abhandlung.

2) Hanstein, Scheitelzellgruppe im Vegetationspunkt der Phanerogamen 1868.

3) Hanstein, Bot. Abhandl. 1871. III. Heft I. Bd.

4) Ebendaselbst, IV Heft. S. 35.

5) Wenn dieser mein Einwand auch theoretisch richtig ist, so muss ich doch in Folge von nachträglichen Erfahrungen bei Vegetationspunkt-Untersuchungen der praktischen Anwendung der Pfeffer'schen Methode das Wort reden.

aus getrockneten Pflanzen, (da auch solche während des Winters zur Untersuchung genommen wurden) und derer aus frischen Pflanzen.

Bei getrockneten Pflanzen erhielt ich sehr gute Präparate auf folgende Weise: Nach kurzer Behandlung (einige Minuten) der Früchte mit konzentrirter Kalilauge nahm ich dieselben heraus, legte mehrere Samenknospen frei und zerschnitt sie auf dem Objektträger ohne Flüssigkeit der Quere nach ungefähr in der Mitte (bei den jüngsten Stadien etwas näher dem Mikropyle-Ende). Dann wurde das Deckglas aufgelegt, wenig destillirtes Wasser zugegeben und zu dem in manchen Fällen schon freiliegenden oder oft sehr leicht frei zu machenden Keimling abermals concentrirte Kalilauge gesetzt. Beim zweiten Zusatz der Kalilauge erhielt das Präparat regelmässig die günstige Durchsichtigkeit mit gehöriger Schärfe der Zellwandlinien.

Obwohl nun bei frischen jungen Organen überhaupt Vorsicht im Gebrauch der Kalilauge anzuwenden ist, kam ich bei *Capsella*-Embryonen doch zu einem günstigen Resultat durch sofortige Behandlung der ohne Flüssigkeit auf dem Objectglase durchschnittenen Samenknospen mit ziemlich konzentrirter Kalilauge oder aber durch Auswaschen der so mit Kali behandelten Präparate mit Wasser und Nachfliessenlassen von verdünnter Salzsäure. Zuletzt wurde in beiden Fällen sehr wenig Glycerin zugesetzt. Es ist selbstverständlich, dass diejenigen Präparate die günstigsten sind, die nicht bloss seitlich sondern vollkommen drehbar sind, die also an der Embryokugel keine oder nur noch die Anschlusszelle oder höchstens noch eine weitere Zelle des Vorkeims an sich tragen. —

Der Verlauf der ersten Zelltheilungen in dem von mir untersuchten Embryo von *Capsella bursa pastoris* Mönch, von der ungetheilten Keimmutterzelle angefangen bis zu dem Stadium, bis bis zu welchem die Zelltheilung überhaupt noch genau verfolgbar ist, in welchem der Embryo bereits aus ungefähr 75 Zellen besteht, soll in folgendem mitgetheilt werden.

Die erste Wand in der Keimmutterzelle, d. h. in der äussersten etwas angeschwollenen Zelle des Vorkeims, ist eine Längswand in der Wachsthumsaxe des Keimlings gelegen; unzweifelhaft eine mediane. Schnell darauf, so dass es selten gelingt, ein Stadium mit nur einer Längswand zu sehen, folgt in beiden Tochterzellen je eine Längswand, die gegen die I. senkrecht orientirt sind und die also in Bezug auf die Embryokugel eine

II. Meridianwand darstellen. Wir haben also jetzt 4 Längsquadranten. Die Ansatzlinien der Scheidewände an der gewölbten Aussenwand der Keimmutterzelle sind, wie natürlich ist, in der Lage in welcher ein Quadrant zugekehrt ist, nur als schwache Linien, mitunter kaum sichtbar, wenn der Zellinhalt nicht kontrahirt ist (Fig. 1 a). Dagegen erscheinen diese Wände von der Schneide gesehen (Fig. 1) in 4 verschiedenen seitlichen Lagen des Keimlings, sowie in der Scheitel- und Basalansicht (Fig. 1 b) als sehr scharfe Linien; in letzteren 2 Ansichten haben wir das Kreuz vor uns. Ist der Zellinhalt durch verdünnte Salzsäure nach Kali kontrahirt, dann erkennt man auch in jeder seitlichen Lage die 4 nebeneinander liegenden Tochterzellen, wie Fig. 1 c und 1 d zeigen.

Nun folgt eine Querwand durch alle 4 Quadranten, von Hanstein als äquatoriale Wand bezeichnet, welche die 4 Quadranten der Keimlingskugel zu Oktanten macht. Die untern 4 Oktanten sind unten abgeplattet, durch die Anschlusszelle Fig. 2 und 2 a [1]).

Darauf wird in jeder der 8 Zellen des Embryokügelchens eine schalenförmige Zelle abgeschnitten. Der Keimling besteht jetzt ohne Anschlusszelle aus 16 Zellen, 8 Binnenzellen und 8 Hautzellen. Soviel ich an einem Präparate (Fig. 3) erkannt habe, beginnt die Dermatogen-Bildung in der unteren Keimlingshälfte. Das absolut sichere Erkennen dieser 8 Schalenwände war einer der wichtigsten und zugleich einer der schwierigsten Theile meiner Arbeit. Man hat sich namentlich davor zu hüten, über diesen Punkt aus dem Studium solcher Stadien Sicherheit gewinnen zu wollen, die bereits weitere Theilungen zeigen. Dadurch können die grössten Täuschungen veranlasst werden. Den ersten absolut sicheren Beweis für die Schalenbildung gab mir das Präparat, das meiner Figur 5 zu Grunde liegt. Dadurch, dass in diesem Embryokügelchen die Zellkerne in sämmtlichen 16 Zellen sichtbar waren, gab dasselbe in seiner Scheitelansicht bei Anwendung verschiedener Einstellung ein ganz klares Bild von der Anordnung der Zellen in der Art, dass in jedem der 4 von oben gesehenen Quadranten 4 Zellkerne nach einander sich zeigten, wovon immer der oberste der Schalenzelle, der nächst untere der Binnenzelle eines oberen

1) Die Theile der Aequatorialwand in den einzelnen Quadranten liegen nicht immer in einer Ebene; manchmal sind sie gegen einander etwas geneigt, oder treffen, wenn sie parallel sind, nicht genau mit einander zusammen; v. Fig. 8 b.

Oktanten, die folgenden 2 der Schalen- und Binnenzelle eines untern Oktanten angehörten. Ausserdem sind natürlich die Ansatzlinien der oberen und unteren Schalenwände an der Aequatorialwand als eine innere Kreislinie zu sehen. Es gibt jedoch noch einen anderen sicheren Beweis für die eingetretene Schalenbildung, auch wenn die Zellkerne nicht sichtbar sind. Vergleicht man nemlich Fig. 2 a mit 4, so erkennt man sofort den grossen Unterschied.

Die Ansatzlinien der 2 ersten Längswände sind nämlich, wie schon gesagt, oft kaum sichtbar bei zugekehrtem Oktanten. Erscheinen sie nun doch bei dieser Lage des Keimlings als tief schwarze, schattige Linien, so wird das eben bewirkt durch die Conturen der Schalenwände in den seitlichen Oktanten; diese Conturen erscheinen in dieser Lage als mehr oder weniger gebogene Linien. Bei genauer Untersuchung findet man die an der Oberfläche verlaufenden schwach sichtbaren Linien ganz am Scheitel des Embryo konvergiren. Die Linien der Schalenwände dagegen neigen etwas unterhalb des Scheitels zusammen. In Figur 3 erkennt man an der einzigen (mit Ausnahme der Querwand) deutlich sichtbaren Linie, dass die Dermatogen-Bildung hier bereits begonnen hat und zwar in der unteren Keimlingshälfte.

In der Hauptansicht, wie sie Fig. 6 bietet, erscheinen die Dermatogen-Wände oft bei jeder Einstellung ziemlich undeutlich, können mitunter sogar ganz übersehen werden, namentlich wenn schon weitere Theilungen vor sich gegangen sind. Das zeigte sich namentlich an dem in einem ältern Stadium befindlichen Keimling, dessen Hauptansicht in Fig. 8 b gegeben ist.

So gesetzmässig und einfach nun diese Art der Dermatogenbildung erscheint, so kann sie doch schon bei den Cruciferen (und zwar bei *Capsella* selbst) nicht als Gesetz sondern nur als Regel bezeichnet werden. Denn Fig. 7, 7 a, 7 b liefern uns den Beweis, dass die Dermatogenbildung nicht in allen 4 oberen Oktanten auf dieselbe Weise erfolgen muss. In einem der 4 oberen Oktanten ist die erste Wand keine schalenbildende, sondern eine Längswand, welche weiter innen als die übrigen Dermatogenwände an der Aequatorial-Wand und an den 2 Seitenwänden des Oktanten ansetzt und dann schwach nach auswärts geneigt nach oben verläuft und in einer bogigen Linie an der gewölbten Aussenwand des Oktanten ansetzt, wie es Fig. 7 a (Scheitelansicht) zeigt. In Fig. 7 b sieht man den betreffenden Oktanten rechts von dem zugekehrten Oktanten liegend; in der Hauptansicht (Fig. 7) liegt der

Oktant mit anomaler Theilung rechts oben; die betreffende Wand sieht man in dieser Lage als Linie von derselben Stärke und bei derselben Einstellung wie die übrigen Dermatogen-Wände in dieser Ansicht.

Sicherlich kann jedoch dieser Fall bei *Capsella* nur als Ausnahme von der regelmässigen Dermatogen-Bildung bei dieser Pflanze aufgefasst werden. Dass bei manchen Monocotylen und Dicotylen eine in dieser Art und vielfach anderweitig unregelmässige Zelltheilung in den 4 oberen Oktanten oder auch Quadranten vorkommt, ist nicht zweifelhaft. Bei den *Gramineen* ist die Unregelmässigkeit in der Zelltheilung nach Hanstein's Figuren in hohem Grade hervortretend, bei den *Orchideen* scheint eine Unregelmässigkeit in der Zelltheilung auch nach meiner Beobachtung die Regel zu sein. Nach Abscheidung der Dermatogen-Initialen im *Capsella*-Keim tritt sowohl in den oberen als in den unteren Schalenzellen Flächentheilung ein. (Im Sinne Hanstein's d. h. Theilungen, die sich wiederholt ungefähr senkrecht gegen die Oberfläche vollziehen, also auf Flächenerweiterung abzielen). Eine abermalige tangentiale Theilung in den Schalenzellen habe ich ausser bei Anlage der Wurzelhaube nie beobachtet. Verfolgt man diese Flächentheilungen genau, so ergibt sich folgendes: In den oberen 4 Schalenzellen wird immer eine bandförmige Zelle gebildet und anderseits eine an Gestalt der ursprünglichen Schalenzelle ähnliche, jedoch kleinere Zelle. Die gegenseitige Lage dieser 2 Zellen ist jedoch verschieden in den 5 verschiedenen oberen Oktanten. Bald liegen die bandförmigen Zellen am Scheitel, bald nicht. Ein Vergleich der Figuren 8 a, 9, 10, 11, welche Scheitelansichten von verschiedenen *Capsella*-Keimlingen darstellen, macht die vorkommenden Combinationen anschaulich. Es zeigt sich in der Folge, dass es ohne Bedeutung ist, ob die kleineren, von oben dreieckig gesehenen Zellen am Scheitel liegen, oder nicht; auffallen könnte nur, dass wenigstens immer eine der genannten kleineren Zellen am Scheitel liegt. Die Vermuthung, dass eine solche die Rolle der Scheitelzelle übernehmen würde, hat sich, soweit sich die Theilungen genau verfolgen liessen, nicht bestätigt. Die folgenden Theilungen in den Schalenzellen der oberen 4 Oktanten wurden weiter verfolgt und sind in den Figuren 14, 14 a, 15, 16 abgebildet.

Kehren wir zu den Theilungen in den Schalenzellen der unteren Oktanten zurück. Die ersten sind Längswände, radiär gegen die Keimlingsachse gerichtet (Fig. 8, 9 a, 10 a). Später

folgen abwechselnd ebenso orientirte Längswände und Querwände, wie Fig. 15 b, 15 c zeigen.

Die ersten Theilungen in den Dermatogen-Zellen des cotylischen oder oberen Theiles scheinen ziemlich gleichzeitig mit den ersten im hypocotylischen Theil vor sich zu gehen (Fig. 8, 8 a).

Dann folgen Theilungen in den Binnenzellen und zwar zuerst in den Binnenzellen der unteren Oktanten (Fig. 9 a, 10 a). Nach Bildung der ersten Theilwände in den 4 unteren Binnenzellen treten auch in den Binnenzellen der oberen Oktanten Theilungen ein. Auf diese sowohl als auf jene haben wir nun unser Augenmerk zu richten.

Was die Binnenzellen der unteren Oktanten betrifft, so sah ich immer Längswände, die parallel oder fast parallel mit einer der flachen Seitenwände der Oktanten verlaufen, welche durch die ersten Längswände dargestellt sind (Fig. 9 a, 10 a, 12 b, 13, 15 b).

Die Theilungen in den Binnenzellen der oberen Oktanten anlangend muss ich zum Voraus bemerken, dass das Studium derselben mit einiger Schwierigkeit verbunden ist. Bei den Binnenzellen der untern Oktanten kann die Basalansicht eines Keimlings, welcher der Hypophyse beraubt ist, kombinirt mit der Seitenansicht ziemlich sichern Aufschluss gewähren; hier aber sind immer überliegende Zellen hindernd im Wege. Es gelang mir, folgende Resultate zu erhalten.

Die Zeit des Auftretens dieser Theilungen scheint in sofern bestimmt, dass sie nach den ersten Theilungen in den entsprechenden Zellen der hypocotylischen Hälfte gebildet werden. In Bezug auf den Zustand der oberen Dermatogenzellen können die genannten Theilungen auftreten, wenn die Schalen der oberen Oktanten schon aus 4 (Fig. 14 b) oder erst aus 2 Zellen (Fig. 12 a) bestehen. Was ihre Richtung betrifft, sind es ebenfalls Längswände, und zwar sind sie entweder ähnlich gestellt wie bei den Binnenzellen der unteren Oktanten d. h. parallel oder annähernd parallel einer der flachen Seitenwände des Oktanten (Fig. 15 a, Oktanten b, c, d), oder sie setzen in einer concentrischen Bogenlinie an der inneren Dermatogen-Wand an und endigen ebenso an der Aequatorialwand, indem sie an den flachen Seitenwänden des Oktanten herablaufen (Fig. 14 b Scheitelansicht, 12 a ebenfalls, 12 b Basalansicht, 12 Hauptansicht, 15 a Oktant a Scheitelansicht).

Der Keimling, dessen verschiedene Ansichten Fig. 15, 15 a, 15 b, 15 c darstellen, besteht bereits aus mindestens 76 Zellen. Eine weitergehende genaue Verfolgung der Zelltheilungen ist nicht gut möglich; dieses ergab sich mir namentlich bei der Aufnahme der Theilungen des Keimlings, welcher der Figur 16 zu Grunde liegt. Wegen der vielen umgebenden und durscheinenden Zellwände ist die Sicherheit der gezeichneten Theilungen in dem Oktanten keine genügende mehr. —

Eine Frage war es noch, die ich mir bei *Capsella* zu beantworten versuchte, die Frage nemlich, ob das durch die 2 ersten Meridiantheilungen gebildete Kreuz sich in den späteren Stadien noch erkennen lasse und wie es orientirt sei in Beziehung auf die beiden Cotyledonen.

Die Scheitelansichten (und Basalansichten) mehrerer bereits herzförmiger bis zweilappiger Keimlinge (eine Scheitelansicht eines solchen ist schematisch in meiner Fig. 17 dargestellt) gaben in den stark gezeichneten Linien deutlich diese Längswände zu erkennen; und zwar entsprechen zwei gegenüberliegende Oktanten den beiden Cotyledonen.

In Vorstehendem sind die von mir beobachteten und verfolgten Zelltheilungen im Embryo von *Capsella b. past.* mitgetheilt. Ausser der genannten Pflanze wurden noch in mehr oder weniger genaue Untersuchung gezogen *Aethionema saxatile* R. Brown, *Corydalis aurea*, *Alisma Plantago*, *Hieracium* und verschiedene Orchideen.

Die Keimlinge von *Aethionema* gleichen in ihren ersten Zuständen denen von *Capsella* so sehr, das sie kaum oder nicht davon zu unterscheiden sind; die an *Capsella* gemachten Beobachtungen erhielten dadurch Bestätigung.

Von *Corydalis aurea* erhielt ich nur sehr junge Zustände; sie sind bemerkenswerth namentlich wegen ihrer auffallenden Verschiedenheit vom Cruciferen-Keimlig, bestehend in der schlauchförmigen Entwicklung ihres Embryoträgers und, wie es schien, auch in der Zelltheilung im Embryo selbst. —

An *Alisma Plantago* fand ich, soweit meine Untersuchungen sich erstreckten, Uebereinstimmung mit den von Hanstein hierüber mitgetheilten Resultaten. An jüngeren und älteren Embryonen von *Hieracium* wurde vielfach beobachtet, dass von einem Dermatogen hier nicht gesprochen werden kann.

Was die Orchideen betrifft, so ergaben meine Beobachtungen an den Embryonen von *Listera ovata*, *Orchis militaris etc.* im

Allgemeinen einen grossen Hang zur Unregelmässigkeit in der Zelltheilung. Weder eine Scheitelzelle noch auch differenzirte Gewebesysteme lassen sich bestimmt nachweisen. —

Im Anschluss an diese meine Beobachtungen sei mir noch gestattet, einige kritische Bemerkungen anzufügen. Hanstein sucht in seiner genannten Arbeit die Differenzirung dreier Gewebesysteme an Phanerogamen-Embryonen sowie das Fehlen einer Scheitelzelle von Anfang an nachzuweisen. Was nun, so lange sich Theilung für Theilung verfolgen lässt, als Beweis für die Differenzirung der 2 Gewebesysteme des Periblem's und Plerom's von Hanstein erbracht wird, scheint mir nicht stichhaltig zu sein. Der Mangel einer Scheitelzelle dagegen in dieser embryonalen Periode, sowie eine in den ersten Entwicklungsstadien erfolgte Differenzirung eines Dermatogens bei manchen phanerogamischen Keimlingen (z. B. bei *Capsella, Alisma*) scheint mir eine von Hanstein bewiesene Thatsache zu sein, die sich auch durch meine Beobachtungen bestätigt hat. Dass sich jedoch in die Hanstein'schen Untersuchungen, soweit sie sich auf die genaue Verfolgung der ersten Zelltheilungen beziehen, einige Fehler eingeschlichen haben, werde ich an der Hand der Figuren Hanstein's und auf Grund meiner eigenen Beobachtungen beweisen.

Auffallend ist, dass Hanstein von dem am genauesten untersuchten *Capsella*-Embryo keine Scheitelansicht gibt, obwohl doch gewiss bei der vorliegenden Frage der obere Theil des Embryo's dem eingehendsten Studium zu unterwerfen ist. In Folge dessen wohl übersah Hanstein die 2. Längswand, welche die 1. in einem rechten Winkel schneidet. Durch Drehen der Embryonen (Fig. 4—8, Tafel I. in Hanstein's Abhandl.) hätte der Fehler vermieden werden können; am klarsten natürlich werden die Verhältnisse durch Herstellung einer Scheitelansicht, wie ich sie sehr oft gesehen. Meine Untersuchungen machen es mir gar nicht unwahrscheinlich, dass schon in Fig. 1, 2, 3 die zwei Längswände da sind, da einerseits die beiden genannten Wände sich sehr schnell nach einander bilden (ich habe keinen Fall gesehen, in welchem nur eine vorhanden war), andererseits wegen der Figuren 2 und 3 selber, die nicht anders erklärbar sind als durch Annahme zweier Längswände. Namentlich der kleine dreieckige Raum im Scheitel von Fig. 2 deutet darauf hin. Wenn denn auch die Ansatzlinie rechts (Fig. 2 und 3) etwas schwächer gehalten ist als die links, so glaube ich doch, dass es gleichwerthige Linien sind, nehmlich die zugekehrten Ansatzlinien der zwei Längswände.

Die durch die äquatoriale Wand nun gebildeten 8 Zellen sind also Oktanten, nicht mehr Quadranten. Dass dieses Versehen Hanstein's zu anderen Irrthümern und falschen Deutungen von Linien führen musste, ist klar. Hanstein hätte aber auch durch andere Momente auf seinen Fehler aufmerksam werden können, sogar ohne Drehen seiner Keimlinge.

Bei dieser Gelegenheit muss nothwendig darauf aufmerksam gemacht werden, dass bei solchen Untersuchungen zum Behufe der irrthumslosen Beobachtung grosse Rücksicht zu nehmen ist auf die Lage des Embryo oder Embryokügelchens, ob dasselbe, mag es eine Scheitel- oder Basal- oder eine Seiten-Ansicht gewähren, in keiner Weise schief liegt, sei es seitlich oder nach oben oder unten geneigt.

So erscheint z. B. bei genau fixirter Seitenansicht mit zugekehrter Schneide einer der 2 ersten Längswände das Axenkreuz im Keimling von *Capsella* bei jeder Einstellung scharf und deutlich, während bei nur wenig seitlich geneigter Lage dieses natürlich nicht der Fall sein kann. Hanstein's Figur 14 A stellt nach seiner Figurenerklärung einen Embryo dar bei medianer, Fig. 14 B bei fast oberflächlicher Einstellung. Von Figur 14 A ist ausserdem im Texte gesagt, dass es eine Seitenansicht sei, d. h. nach Hanstein gegen Fig. 1—8 um 90° gedreht. Ist dieses der Fall, dann könnte man nach Hanstein nicht bei höherer Einstellung im oberen Theil des Keimlings eine mediane Längswand sehen; denn in der Figurenerklärung heisst es, nur die Einstellung sei eine andere, nicht die Lage des Keimlings. Ist aber wirklich die Lage des Keimlings die gleiche geblieben, dann wäre leicht denkbar, dass bei etwas seitlich schiefer Lage von 14 B bei tiefer Einstellung die Schneide der Längswand in ihrer ganzen Länge fast unsichtbar wird. Es ist klar, Fig. 14 A kann nicht zugleich Seitenansicht und Hauptansicht bei medianer Einstellung sein. Hauptansicht heisst nemlich nach Hanstein eine Lage des Keimlings mit zugekehrter Schneide der Längswand.

Die Figuren 9, 10, 11, 13 und 14 A, sagt der Text und die Figurenerklärung in Hanstein's Abhandlung, stellen optische Mittelschnitte des Keimlings dar, die in der Seitenansicht gezeichnet, also gegen Figur 1—8, welche die Hauptansicht bieten, um einen rechten Winkel gedreht erscheinen. Nach Hanstein's Irrthum ist freilich keine andere Deutung möglich. Hätte Hanstein aber den Winkel genau gemessen, um welchen die Figur 9 gegen Fig. 8 gedreht ist, so hätte sich jedenfalls kein rechter

ergeben. Denn durch seitliche Drehung um einen Rechten ergibt sich aus Fig. 8 immer nur eine Hauptansicht; eine Ansicht, wie sie Figur 9 darstellt, kann sich nur ergeben durch eine seitliche Drehung um 45° oder um 135° nach rechts oder links. Dem zu Folge ist die von Hanstein mit m^2 bezeichnete Längswand in der unteren Keimlingshälfte von Fig. 12 und 14 A jedenfalls nicht eine 2. Meridianwand, sondern eine 3. —

Figur 12 stellt nach der Hanstein'schen Figurenerklärung eine Entwicklungsstufe in der Aussenansicht der Seitenfläche dar mit vollständiger Dermatogen-Anlage und beginnender Spaltung in den untern Binnenzellen. Fig. 13 stellt ein ähnliches Stadium im optischen Durchschnitt dar, Fig. 9 ebenfalls. Vorausgesetzt, dass in jedem der 3 letztgenannten Keimlinge das Dermatogen wirklich schon gebildet ist, können die Linien in der oberen Keimlingshälfte von Fig. 12 auf nichts anderes deuten als auf einen zugekehrten Oktanten, dessen seitliche Begrenzungslinien in ihrer grössten Ausdehnung durch die Konturen der Schalenwände verstärkt, d. h. als dunkle Linien erscheinen. In Fig. 9, welche einen Längsschnitt der Seitenansicht desselben Stadiums wie Fig. 12 geben soll, verlaufen die Linien am Scheitel des Embryo gerade so, wie in der Aussenansicht Fig. 12, während Fig. 13 (ebenfalls ein optischer Längsschnitt) einen ganz anderen Verlauf der betreffenden Linien zeigt. Eine Ungenauigkeit liegt jedenfalls vor.

Die inneren Schalenwände der Dermatogenanlage müssen jedenfalls etwas unterhalb des Scheitels zusammenfliessen; scheint es anders zu sein, dann spielen die zu den Oktanten gehörigen Linien mit ein, oder aber der Keimling liegt mit seiner Längsachse nicht genau horizontal. Dass eine Zellwand im Winkel zweier anderer ansetze, ist bekanntlich noch nie beobachtet worden; in Figur 9 (einer optischen Durchnittsansicht) können die beiden nach oben convergirenden Linien nach Hanstein's Ansicht nichts anderes sein, als eben die Conturen der Dermatogenwände, sie gehen aber erst ganz am Scheitel des Embryo zusammen, was jedenfalls nicht der Fall ist.

Stellt man sich übrigens auf den Standpunkt Hanstein's, d. h. nimmt man bloss die Existenz einer vollständigen Meridianwand an und demzufolge die Bildung von Schalenzellen in Quadranten, dann ist erst recht nicht einzusehen, wie bei oberflächlicher Einstellung eine Seitenansicht zu Stande kommen soll, wie Figur 12 sie zeigt. —

Auch durch Fig. 21, Taf. I. hätte Hanstein auf die Oktantenbildung aufmerksam werden können; es ist ein Keimling, in dessen Zellen die Inhaltsmasssen namentlich im cotylischen Theil durch Reagenzien kontrahirt sind.

Wie der Mangel an Scheitelansichten so macht sich natürlich in der Folge auch der Mangel von Basalansichten von *Capsella*-Keimlingen fühlbar. Dass Basalansichten zur genauen Verfolgung der Theilungen besonders in den Binnenzellen der hypocotylen Keimlingshälfte absolut nothwendig sind, bedarf keines Beweises. Daraus folgt, dass die Kraft des Beweises für die Anlage zweier sich differenzirender Gewebesysteme, des Periblems und Pleroms, durch den Mangel an Basalansichten bei der von Hanstein am genauesten untersuchten Pflanze *(Capsella)* bedeutend geschwächt wird.

In Fig. 21 (Taf. VI) gibt Hanstein zwar drei Ansichten eines Keimlings von *Nicotiana*, erhalten durch verschiedene Einstellung auf eine Scheitelansicht. Die Theilungen in den Binnenzellen des hypocotylen Gliedes stimmen nicht überein mit meinen Beobachtungen an *Capsella*. Nach Fig. 21 C treten nemlich in allen 4 Binnenzellen der hypocotylen Keimlingshälfte zuerst je eine Theilung ein, die mit den Dermatogenwänden parallel laufen und also wirklich eine II. Mantellage konstituiren. Allein abgesehen davon, dass meine Beobachtungen damit durchaus nicht übereinstimmen, scheint mir diese Thatsache der Constituirung des Periblems und Pleroms auf Grund einer auf die angegebene Weise erhaltenen Ansicht keineswegs sicher festgestellt. Durch Seitenansichten allein aber, wie sie von *Capsella* vielfach von Hanstein gegeben werden, lässt sich der Verlauf der in Rede stehenden Theilungen nicht mit Sicherheit erkennen. Dieser Keimling von *Nicotiana* hätte Hanstein ausserdem auf die Existenz zweier sich kreuzender Längswände auch im cotylischen Keimlingstheil direkt aufmerksam machen können. —

Abweichend von den Beobachtungen Hansteins habe ich nun folgendes zu konstatiren:

1) Zwei gegen einander senkrechte Längswände spalten die Keimmutterzelle in vier neben einander liegende Längsquadranten. Durch je eine Querwand in jedem dieser Längsquadranten entstehen 8 Oktanten.

2) Die Schalenbildung beginnt in der unteren Keimlingshälfte.

3) Nicht ausnahmslos erfolgt in allen Oktanten zuerst Theilung in eine Schalenzelle und eine Binnenzelle (s. meine Fig. 7, 7 a, 7 b).

4) Gegenüber Hanstein's 13. Satz seiner thatsächlichen Ergebnisse, dass nämlich, wie Hanstein's Fig. 21 C Taf. VI. zeigt, in den Binnenzellen der unteren Keimlingshälfte ein Kreis von Spalttheilungen auftritt, welche der Dermatogen-Fläche konzentrisch laufen, beobachtete ich solche Theilungen nie, sondern vielmehr immer Längswände, die parallel oder nahezu parallel mit einer der flachen Seitenwände der Oktanten verlaufen (s. meine Fig. 9 a, 10 a, 12 b, 13, 15 b).

Dass in der Folge durch weitere Theilungen, durch Längswände, welche gegen die genannten ungefähr senkrecht gestellt sind, innere und äussere Zellen entstehen müssen, ist klar (Fig. 13, 15 b). Allein es kann jedenfalls desshalb noch nicht von einer zweiten Mantellage (Periblem), sowie von einem centralen Gewebesystem (Plerom) gesprochen werden.

5) In dem bereits zweilappigen Keimling entsprechen zwei gegenüberliegende Oktanten den beiden Cotyledonen, also theilt nicht, wie Hanstein sagt, die erste Meridianspaltung den dicotylischen Keimling in 2 Hälften, welche die spätere Lage der Keimblätter vorzeichnen.

Zum Schlusse erlaube ich mir, einen kurzen Blick auf den jetzigen Stand der neuen Wachsthumstheorie zu werfen.

Der Vergleich mit den Gefässkryptogamen ist einer der wichtigsten Punkte, die bei Behandlung dieser Frage in's Auge zu fassen sind. Thatsache ist, dass in Betreff des Längenwachsthums der Organe der höheren Gefässkryptogamen *(Lycopodium, Isoëtes, Selaginella)* zweierlei Resultate von verschiedenen Forschern vorliegen, von denen die einen behaupten, diese Gefässkryptogamen besitzen keine Scheitelzelle, weder im Stengel, noch in der Wurzel, noch in den jungen Blättern, noch im Embryo, sondern vielmehr von Anfang an differenzirte Gewebesysteme, während von anderen Autoren das Wachsthum vermittelst einer Scheitelzelle beobachtet wurde.

So fand z. B. Strasburger neuestens bei den Wurzeln von *Lycop. Selago* 3 gesonderte Gewebesysteme oder Histogene. Bei *Lycop. inundatum* fand Bruchmann am Stamm und Blatt 2 gesonderte Gewebesysteme, Periblem und Plerom, während ein eigentliches Dermatogen fehlt; von Hegelmaier und Strasburger wurde diese Beobachtung an andern deutschen Arten bestätigt.

Jedoch haben schon früher Nägeli und Leitgeb an der *Lycopodium*-Wurzel eine Scheitelzelle nachgewiesen und halten

für Stamm und Wurzel von *Lycop.* die 4 seitige Form der Scheitelzelle für wahrscheinlich. Hofmeister hielt ebenfalls von jeher an der Scheitelzelltheorie, zumal im Gebiet der Kryptogamen, fest. Für die Wurzeln von *Selaginella* nahmen Nägeli und Leitgeb in Folge ihrer Beobachtungen eine 2-schneidige Scheitelzelle an; für den Stamm von *Selaginella spinulosa* hält Nägeli ebenfalls das Wachsthum mittelst Scheitelzelle für sicher. Hegelmaier dagegen fand an *Selaginella spinulosa* ein Scheitelwachsthum ohne Scheitelzelle. Strasburger beobachtete im Vegetationskegel von *Selaginella Wallichii* 2 Scheitelzellen, die im Grundriss die Form von schmalen Rechtecken besitzen. Pfeffer konstatirte bei *Selaginella Martensii* nach Verfolgung der Zelltheilung im Embryo, Stamm und Wurzel das Wachsthum mittelst einer 2-schneidigen Scheitelzelle. Hegelmaier fand ferner an *Isoëtes velata* und *I. Duriaei* weder am Stamm noch an den Blättern eine Scheitelzelle.

Bruchmann ebenfalls nicht an *Is. lacustris*, weder am Stamm, noch an den Blättern, noch im Embryo; vom Wachsthum der Wurzel dagegen sagt Bruchmann, dass eine Differenzirung in Plerom, Periblem und Dermatogen vorhanden sei, dass die Periblem- und Dermatogen-Initialen nur durch radiale Theilungen wachsen, das Plerom dagegen durch die Thätigkeit einer Scheitelzelle; hier hätten wir dann eine Combination beider Wachsthumsweisen vor uns.

Von Nägeli und Leitgeb wird die Ansicht ausgesprochen, wenn auch in diesem Falle meist nur aus negativen Gründen, dass die *Isoëtes*-Wurzel eine Scheitelzelle besitze.

Im Anschluss an diese Resultate erinnere ich kurz an zwei in letzter Zeit über diese Verhältnisse an den Gymnospermen angestellte Untersuchungen.

Einer Arbeit von Wladislaus Skrowiszewski (Ueber die Entwicklung des Embryo bei der Weymuths-Kiefer *(Pinus Strobus* L.) entnehme ich folgendes: Während die andern untersuchten *Abietineen* zu keiner Zeit eine Scheitelzelle im Embryo aufzuweisen haben, findet Verfasser eine solche im Embryo der genannten Kiefer.

Von Reinke's Resultaten dagegen führe ich folgendes an aus seinen „Beiträgen zur Kenntniss der *Gymnospermen*-Wurzel (Leipzig, Engelmann 1873). Die Haube der Farne (im weiteren Sinne) entsteht aus den kappenförmigen Segmenten der Scheitelzelle, die der *Gymnospermen* durch Spaltung der Periblem-Schichten

über dem Scheitel des Pleroms, der *Angiospermen* durch kappenförmige Abgliederung des Dermatogens.

Das Gewebe der Stammspitze von *Ephedra* setzt sich nach Schmitz aus dem Dermatogen und einem inneren Gewebe zusammen (Schmitz, Entwicklung der Sprossspitze der Phanerogamen, Jahresber. 1874, S. 463).

Fügt man noch die Thatsache hinzu, dass sich in manchen Phanerogamen-Embryonen (Monocot. und Dicotyl.) weder in jüngeren noch in vorgerückteren Stadien Gewebesysteme erkennen und nachweisen lassen, und erinnert man sich an die von Pringsheim gemachten Beobachtungen an *Utricularia*, so kann man mindestens nicht umhin, die Frage als eine offene zu bezeichnen. Die Schwierigkeit der Entscheidung der Frage liegt, wie sich besonders aus dem Vergleich mit den höher entwickelten Gefässkryptogamen ergiebt, darin, dass die Segmente der Scheitelzelle in ihrer charakteristischen Gestalt alterirt und verwischt werden durch in ihnen rasch nach der Bildung der Segmente selbst auftretende zahlreiche Theilungen; mit anderen Worten: das Dickenwachsthum in den Segmenten (d. h. Theilungen nach allen 3 Richtungen des Raumes) überwiegt das Wachsthum der Scheitelzelle. Ein Ueberwiegen des Längenwachsthums in den Segmenten über das der Scheitelzelle erzeugt einen vertieften Vegetationspunkt; ist in je einem Punkte der Segmente in diesem Fall das Dickenwachsthum vorherrschend, so entsteht ein gelappter Vegetationspunkt, z. B. bei der Algengattung *Laurencia* [1]) (Kraterförmig vertiefte Vegetationspunkte gibt es auch bei den Phanerogamen; z. B. bei *Digitalis pauciflora* in der Stengelspitze der floralen Region nach Warming [2]). Der Unterschied zwischen einem spitzen Scheitel und einem fast flachen, die beide mit einer Scheitelzelle wachsen, liegt darin, dass bei dem spitzen Scheitel das Längenwachsthum der Scheitelzelle über das Längen- und Dickenwachsthum der Segmente überwiegt, während bei dem flachen Scheitel das Dickenwachsthum in den Segmenten das Längenwachsthum der Scheitelzelle übertrifft. —

Stellt man endlich noch die Frage, in welcher Richtung die Sache in nächster Zeit noch weiters einer Bearbeitung unterzogen werden soll, so dürfte jedenfalls einer dieser Wege der

1) Nägeli. Die neueren Algensysteme etc. 1847.
2) Recherches sur le ramification des Phanerogames 1873.

sein, dass man eine Untersuchung über die Entwicklung der Plumula an phanerogamen Keimlingen in Angriff nimmt. Die Anordnung der Zellen, sowie deren Theilungen, bei Anlegung der Stammknospe bei verschiedenen Phanerogamen dürfte demnach zunächst ein Gegenstand der Untersuchung werden. Wichtig und vielleicht entscheidend dürften ferner genaue Untersuchungen über die Entstehung der jungen Blattanlagen (die ersten Zelltheilungen hiebei) am Scheitel passender phanerogamer Gewächse sein.

Erklärung der Figuren.

Sämmtliche Figuren stellen Embryonen oder Embryo-Theile von *Capsella bursa pastoris* Mönch dar.

1) Hauptansicht einer Embryokugel mit den 2 ersten sich kreuzenden Längswänden.

1 a) Seitenansicht desselben Stadium's.

1 b) Scheitelansicht desselben Stadium's.

1 c) Hauptansicht, mit kontrahirten Inhaltsmassen.

1 d) Seitenansicht, ebenso.

2) Zustand der Oktantentheilung, Hauptansicht.

2 a) Seitenansicht.

3) Beginn der Dermatogenbildung im hypokotylen Theile.

4) Vollendete Dermatogenbildung, Seitenansicht.

5) Desgleichen, Scheitelansicht, Zellkerne noch sichtbar. Die starkgezeichneten kleinen Kreise sind die Zellkerne der oberen Schalenzellen, die schwachgezeichneten die der obern Binnenzellen. Die Sternchen sind die Zellkerne der unteren Binnen- und Schalenzellen.

6) Desgleichen, Hauptansicht.

7) Anomale Dermatogenbildung in einem der oberen Oktanten, Hauptansicht.

7 a) Scheitelansicht.

7 b) Seitenansicht.

8) Basalansicht eines Embryokügelchens mit radialen Theilungen im Dermatogen.

8 a) Scheitelansicht.

8 b) Hauptansicht desselben Keimlings. Die ersten Querwände in den Quadranten liegen hier nicht in einer Horizontalen, und

sind namentlich ihre Ansatzlinien an der Aussenfläche des Keimlings bogig gekrümmt. Die punktirten Linien sind bei tieferer Einstellung sichtbar. Die inneren Wände der Dermatogenzellen sind an diesem Präparat nicht in jeder der 4 Hauptansichten sichtbar.

8 c) Seitenansicht des cotylischen Theils.

9) Scheitelansicht eines Keimlings; desgleichen Fig. 10, 11, 12 a von anderen Keimlingen.

9 a) Basalansicht von 9; Beginn der Theilungen in den unteren Binnenzellen.

9 b) Hauptansicht desselben Keimlings.

10 a) Basalansicht von 10; fortschreitende Theilungen in den Binnenzellen der unteren Oktanten.

10 b) Hauptansicht von 10 und 10 a.

12) Hauptansicht eines Keimlings mit beginnender Theilung in den oberen Binnenzellen.

12 a) Scheitelansicht desselben.

12 b) Basalansicht desselben.

13) Basalansicht eines Keimlings mit fortschreitenden Theilungen in den unteren Binnenzellen.

14, 14 a) Schiefe Scheitelansichten eines Keimlings mit nur einer getheilten oberen Binnenzelle, wie

14 b) zeigt, welche Figur den Oktanten a darstellt, gesehen in der Scheitelansicht des Keimlings.

15 und 16) stellen weitere Theilungen in den Schalenzellen der oberen 4 Oktanten in 2 verschiedenen Keimlingen dar.

15 a) Scheitelansicht des Keimlings, zu welchem die mit 15 bezeichneten Darstellungen gehören, bei nächst tieferer Einstellung, d. h. die Theilungen in den oberen Binnenzellen zeigend.

15 b) Basalansicht desselben Keimlings, Theilungen in den Schalen- und Binnenzellen des unteren Keimlingstheils zeigend; die innerste Kreislinie stellt die Basis des Embryokügelchens dar.

15 c) Verlauf der Theilungen in den Schalenzellen der unteren Oktanten.

17) Scheitelansicht (oberflächlichste Einstellung) eines bereits 2-lappigen Keimlings; c, c Cotyledonen. —